離散選択実験における「よいデザイン」に関する一考察

著者	森 剛志
雑誌名	甲南経済学論集
巻	54
号	1・2
ページ	1-24
発行年	2014-01-20
URL	http://doi.org/10.14990/00001479

甲南経済学論集第54巻第１・２号　2014年１月

離散選択実験における「よいデザイン」に関する一考察

森　　　剛　志

１．は　じ　め　に

離散選択実験（Discrete Choice Experiment: DCE）は，環境経済学や医療経済学の分野で近年盛んに利用されている分析法であり，方法としての妥当性も確立している（Viney et al., 2002）。ある財（仮想の環境改善状態や健康改善プログラムなど）がいくつかの特徴（属性）によって単純化された形で表現されると見なし，相互に属性の水準を少しずつ変えたものを仮想的な財として被験者に提示する。仮想的な財に対する選択データから，被験者が財を消費する際に，どの属性をどの程度重視しているか（いないか）を分析するというものである。

ただ，これまでの先行研究では，どのような水準の組み合わせを提示するのが望ましいかについては，各属性の水準の組み合わせを直交法でデザインするという手法がとられてきた。本稿では，近年「よいデザイン」として提示されてきている（Street, D. J., Burgess, and J. J Louviere（2005））「効率的なデザイン」を紹介し，これまでのデザインとの違いを明らかにしていく。

２．離散選択実験のデザイン

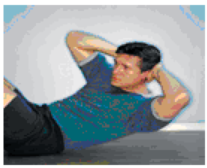
離散選択実験では，提示する属性や各属性のおける水準の数の決定が非常に重要である。属性数が多過ぎると回答が困難になるため，通常７つの属性

までが適当な属性数とされており，それを超えると回答者にかなりの負担を負わせることが指摘されている。また，水準についても同様である，例えば，属性の数が７つで，２つの水準を持つ属性が５つ，他の２つの属性がそれぞれ４水準を持つ場合（５属性２水準，２属性４水準），全部で $2^5 \cdot 4^2 = 512$ 通りの可能性のある組み合わせ（プロファイル）ができる。

離散選択実験でのプロファイルの提示の仕方にはいくつか方法がある。ここでは，ある財やサービスを買うかどうかの選択を分析するときには，一つのプロファイルを提示し選択するか否かの二択で回答をしてもらう（binary response experiments）を考える。特に，医療経済学で検証されている「順位づけ」の例を用いることにする。

図表―１は「どちらの人たちへの資源配分を優先するか」をたずねた（順位づけ）ものである。この場合属性は２つ（「性別」と「所得」）で，それぞれの属性は２水準ずつあるとする。

図表―１　どちらの人たちへの資源配分を優先するか



グループ	A	B
性別	女性	男性
所得	平均より下	平均より上

あなたは，どちらの人たちへの資源配分を
優先するべきだと考えますか？

（他の条件は同じです）

この例の場合，グループＡを選ぶ人は，女性を男性より，または低所得を高所得よりも重視するという選好をもつと考えられる。一方，グループＢを選ぶ人は，男性を女性より，または高所得を低所得より重視するという選好をもつと考えられる。この場合，４つの組み合わせが考えられるが，性別と所得の組み合わせを変えた組み合わせ（プロファイル）を複数提示して答えてもらうわけである。属性の数やそれぞれの属性における水準の数が多くなると，それだけ組み合わせの数も多くなり，回答者の負担を減らすためにも，組み合わせの数を減らさなければならないようになる。その時に，もっとも頻繁に使われる方法が直交法である。さらに，属性を１つ加えて（「喫煙習慣」を加えて），直交法のイメージを示したものが，図表―２である。

３属性２水準なので，可能な組み合わせは８通りである。しかし，直交化を行って，４つの組み合わせまで減らしている。その特徴は。３属性のうち，２属性間の組み合わせは100％網羅されており，３属性間の組み合わせでも網羅率が高いということである。

次に重要になるのが，直交化によって減らした組み合わせから２選択肢を

図表―２　　直交化のイメージ

直交化のイメージ

属性	0	1
A．性別	男性	女性
B．所得	平均より下	平均より上
C．喫煙習慣	喫煙者	非喫煙者

可能な組み合わせは８個

男性	男性	女性	女性
平均より下	平均より上	平均より下	平均より上
喫煙者	非喫煙者	非喫煙者	喫煙者

８個の中から直交化された４つの組み合わせ

作る，という作業である。その場合，最も簡単に行える方法は次のようなものである。①４つのうちからランダムに２選択肢のペアを作る。②直交化を２回して，それぞれの直交配列を選択肢１，選択肢２とする。

しかしながら，ランダムに２選択肢のペアを作っても，あるいは直交化を２回行って選択肢を作成したとしても，問題が生じる。図表―３をみてみよう。

図表―３　直交化後に作る２選択肢の組み合わせ

直交化後に作る２選択肢の組み合わせ

男性	男性	女性	女性
平均より下	平均より上	平均より下	平均より上
喫煙者	非喫煙者	非喫煙者	喫煙者
①	②	③	④

各要素の水準が選択肢ごとに変わらない（差分を取ると０）
になるものが多くなってしまう

図表―３で①と②の組み合わせを作成した場合，どちらも「男性」なので「性別」についての選好はわからない。また，③と④の組み合わせでも同様である。このように各属性で同じ水準ができるだけ少なくなるように組み合わせを考えなければならない。

一般には，「水準の出現率が等しい」ことと「属性ごとで水準が等しい選択肢の組み合わせが最小になる（minimal overlap property）」ことが重要な条件とされる（Huber J, Zwerina K. (1996)）。（以下，前者を「ＨＺの条件１」，後者を「ＨＺの条件２」と呼ぶことにする。）

3．よいデザイン（離散選択実験）とは

ここでは，理由を述べることは後回しにして，まずはよい離散選択実験のデザインを図表―4に提示することにする。ここでも，属性は3つ，水準はどの属性でも2つである（3属性2水準）[1]。

（2選択肢の場合）

まずは，2選択肢から1つを回答者に選択してもらう場合を考えよう。

図表―4　簡単な選択肢の作り方（2選択肢の場合）

1．簡単な選択肢の作り方（2選択肢の場合）
～ジェネレーターを使う！～

g1＝(0.0.0)　g2＝(1.1.1)

Choice set	Full factorial	First alternative	Second alternative
i	Fi	Fi＋g1	Fi＋g2
1	000	000	111
2	100	100	011
3	010	110	101
4	001	101	110
5	110	110	001
6	101	101	010
7	011	011	100
8	111	111	000

ここで重要なのは，最初に元になる組み合わせのプロファイル（ファクト―リアル）を最初に直行法でつくることである。次にジェネレーター（gen-

（1）この説での図表は，Eggers, Felix（2007）に沿ったものである。

erator）を用いて，選択肢をそれぞれ作成する。図表－４では，３属性とも２水準なので，２進法で作成される。ここで generator 1 は(0,0,0)なので，元になる組み合わせのプロファイルのままであるが，genarator 2 は(1,1,1)なので，元のプロファイルに(1,1,1)を加えた形で作成される。例えば，最初の行は(0,0,0)＋(1,1,1)＝(1,1,1)，２行目は(1,0,0)＋(1,1,1)＝(0,1,1)，３行目は(0,1,0)＋(1,1,1)＝(1,0,1)　という具体である。この場合，generator がそれぞれ，「水準の出現率が等しい」ことと「属性ごとで水準が等しい選択肢の組み合わせが最小になる（minimal overlap property)」ことが重要な条件となる。ここで generator 1(0,0,0)と genarator 2 は(1,1,1)をみてみると，各属性で２水準ずつあり，対称になっていることがわかる。

（３選択肢の場合）

次に，拡張版として選択肢が３つの場合，つまり３つのオプションが提示され，回答者がそのうちから１つを選ぶ場合を，図表―５で示した。ここでも，属性は３つ，水準はどの属性でも２つである（３属性２水準)。

図表―５でも，３属性とも２水準なので，２進法で作成される。ここでも generator 1 は(0,0,0)なので，元になる組み合わせのプロファイルのままであるが，genarator 2 は(0,1,1)なので，元のプロファイルに(0,1,1)を加えた形で作成される。例えば，最初の行は(0,0,0)＋(0,1,1)＝(0,1,1)，２行目は(1,0,0)＋(0,1,1)＝(1,1,1)，３行目は(0,1,0)＋(0,1,1)＝(0,0,1)　という具体である。

ここで generator 3 は(1,0,1)なので，それぞれの generator をみると，(0,0,0),(0,1,1),(1,0,1)なので，どの属性でも２水準存在し，すべての属性で異なる水準は２回となっていることがわかる。

では，以上のような generator を使ったプロファイルではない場合，具体的には直行法によるプロファイルの作成の場合，どのような点で問題が生じ

図表―５　簡単な選択肢の作り方（３選択肢の場合）

２．簡単な選択肢の作り方（３選択肢の場合）

		g1＝(0.0.0)	g2＝(0.1.1)	g3＝(1.0.1)
Choice set	Full factorial	First alternative	Second alternative	Second alternative
i	Fi	Fi＋g1	Fi＋g2	Fi＋g3
1	000	000	011	101
2	100	100	111	001
3	010	010	001	111
4	001	001	010	100
5	110	110	101	011
6	101	101	110	000
7	011	011	000	110
8	111	111	100	010

るのかを順にみていくことにする。

４．直行法によるデザイン作成の問題点

ここからは，Street, D. J., Burgess, and J. J Louviere（2005）に沿って，直行法によるデザイン作成の問題点を見ていくことにする。

（**Strategy 1**）

実際に２選択肢を組み合わせるとき，最も簡単な方法は，直交化して数を減らしたプロファイルから，ランダムに２つずつのペアを選んでいく方法である。

図表―６は，５属性４水準を直行法によってプロファイルを作成したものである。

ここから，２つずつのペアを選んで８つずつに分けたものが図表―７であ

図表―６　５属性４水準を直行法によってプロファイルを作成したもの

An OMEP for five 4-level attributes

Profile#	A1	A2	A3	A4	A5
P1	0	0	0	0	0
P2	0	1	1	1	1
P3	0	2	2	2	2
P4	0	3	3	3	3
P5	1	0	1	2	3
P6	1	1	0	3	2
P7	1	2	3	0	1
P8	1	3	2	1	0
P9	2	0	2	3	1
P10	2	1	3	2	0
P11	2	2	0	1	3
P12	2	3	1	0	2
P13	3	0	3	1	2
P14	3	1	2	0	3
P15	3	2	1	3	0
P16	3	3	0	2	1

図表―７　２つずつのペアを選んで８つずつに分けたもの（Strategy 1）

Strategy1：直行法で16プロファイを作成し，それを８つずつに分ける。

水準が同じ

Strategy 1 choice sets

Pair#	Opinion 1						Opinion 2					
	Profile#	A1	A2	A3	A4	A5	Profile#	A1	A2	A3	A4	A5
1	**P1**	0	0	0	0	0	**P13**	3	0	3	1	2
2	**P2**	0	1	1	1	1	**P10**	2	1	3	2	0
3	**P3**	0	2	2	2	2	**P11**	2	2	0	1	3
4	**P4**	0	3	3	3	3	**P8**	1	3	2	1	0
5	**P5**	1	0	1	2	3	**P9**	2	0	2	3	1
6	**P6**	1	1	0	3	2	**P14**	3	1	2	0	3
7	**P7**	1	2	3	0	1	**P15**	3	2	1	3	0
8	**P12**	2	3	1	0	2	**P13**	3	3	0	2	1

水準がアンバランス

る。

ここで，図表―７をみるとわかる通り，問題点として，属性２の水準がすべての選択肢で同じ水準であること。そのため，属性２についての選好情報が得られない。また，属性の水準がアンバランスであること。つまり，属性１では水準が３つだけしかないこと，があげられる。つまり，さきほどの２つの条件に照らせば，「ＨＺの条件１」「ＨＺの条件２」ともに×となる。

（**Strategy 2**）

以上の方法の問題点を改良するためには，２つの選択肢のうち，１つずつに直行法をそれぞれ行い，選択肢を作成することが考えられる。つまり，直行法を２回行うという方法である。図表―８は，この方法で作成した選択肢

図表―８　直行法を２回行う方法で作成した選択肢（Strategy 2）

Strategy 2

同じ水準を持つ属性が１つか１つ以上存在している

Strategy 2 choice sets

Pair #	Opinion 1					Opinion 2				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
1	0	0	0	0	0	1	3	2	0	2
2	0	1	1	1	1	2	1	3	0	3
3	0	2	2	2	2	1	2	0	3	3
4	0	3	3	3	3	0	1	2	3	1
5	1	0	1	2	3	0	0	0	0	0
6	1	1	0	3	2	3	1	0	2	2
7	1	2	3	0	1	3	3	3	3	0
8	1	3	2	1	0	1	1	1	1	0
9	2	0	2	3	1	0	2	3	1	2
10	2	1	3	2	0	3	2	1	0	1
11	2	2	0	1	3	2	3	0	1	1
12	2	3	1	0	2	3	0	2	1	3
13	3	0	3	1	2	0	3	1	2	3
14	3	1	2	0	3	2	2	2	2	0
15	3	2	1	3	0	2	0	1	3	2
16	3	3	0	2	1	1	0	3	2	1

問題点：同水準の箇所の選好情報が得られない

である。

確かに，改良点として，属性の水準がバランスしたことがあげられる。つまり，すべての属性で同じ数ずつの水準が出現している。しかしながら，問題点としては，選択肢の中には，同じ水準をもつ属性が１つかそれ以上存在する。この場合，同じ水準をもつ属性についての選好情報は得られない。また，Strategy 1 との違いとして，設問の数は16問になっている。２つの条件に照らせば，「ＨＺの条件１」は○，「ＨＺの条件２」は×となる。

（Strategy 3）

同じ水準の重複を最小限にするために改良したものが，次の Strategy 3 である。これは，直行法を１回行って16プロファイを作成した後，ペアとなる選択肢で同じ水準となる属性の数ができるだけ少なくなるように，並び替えたものをペアとして選択肢を作成するというものである。つまり，minimal overlap の特性（Huber and Zwerina（1996）: 最小重複の原則）を取り入れている。図表―９は，この方法で作成した選択肢である。ただし，ここでも問題点としては，それぞれの選択肢で同じ水準をもつ属性がなくなるわけではないことがあげられる。

２つの条件に照らせば，「ＨＺの条件１」は○，「ＨＺの条件２」は△となる。

（Strategy 4）

別の方法としては，２つのプロファイルのすべての属性（この場合10属性）で直行法を行い，最初の５つを１つ目の選択肢として，後半の５つを２つ目の選択肢とするというものがある。Appendix の図表―Ａは，この方法で作成した選択肢である。２つの条件に照らせば，「ＨＺの条件１」は○，「ＨＺの条件２」は○となる。ただし，この場合の問題点としては，プロファイル

図表―9　Strategy 3：直交化後，同じ水準となる属性の数ができるだけ少なくなるように，並び替える

Strategy 3

Strategy 3 choice sets

Pair #	Opinion 1					Opinion 2				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
1	0	0	0	0	0	3	0	3	1	2
2	0	1	1	1	1	0	2	2	2	2
3	0	2	2	2	2	2	3	1	0	2
4	0	3	3	3	3	1	0	1	2	3
5	1	0	1	2	3	0	1	1	1	1
6	1	1	0	3	2	3	2	1	3	0
7	1	2	3	0	1	1	3	2	1	0
8	1	3	2	1	0	2	0	2	3	1
9	2	0	2	3	1	2	1	3	2	0
10	2	1	3	2	0	0	3	3	3	3
11	2	2	0	1	3	1	1	0	3	2
12	2	3	1	0	2	3	1	2	0	3
13	3	0	3	1	2	2	2	0	1	3
14	3	1	2	0	3	1	2	3	0	1
15	3	2	1	3	0	3	3	0	2	1
16	3	3	0	2	1	0	0	0	0	0

の数が大きくなりすぎる（64個）ことがあげられる。

5．効率的なデザインの作成方法

以上の4つ Strategy では，「どのくらいよいデザイン」か，知ることはできない。そこで，続く Strategy では，デザインの統計的な特徴をみてみよう（Strategy 5 と Strategy 6）。

デザインの効率性を測るためには，取得しようとするパラメータの分散・共分散行列を最小化するようにする。具体的には，行列式によってD効率性を基準として計測するが，詳細はここでは割愛し，効率的なデザインの作成方法だけ説明する。

一般的に，いま，k を属性の数，m を設問の数，l を水準の数として，q 番目の属性の水準の数は l_q とする。また，q 番目の属性において異なる水準の数を S_q とする。

（Strategy 5）main effects（各属性）の効果だけの計測

いま，５属性２水準の場合を考える。それぞれの属性の効果だけ（main effects）を計測する方法を考えよう。効率的な選択肢を作成するためには，次のような作業を行えばよい。選択肢が２つの場合（$m=2$）から見ていくことにする。

最初に直行法を行って，選択肢１をつくる。次に規則的に，「0」は「1」に，「1」は「0」に置き換えて，選択肢２をつくる。以上のような作業で作成したものが，図表―10である。この場合，Option 1 に generator（11111）を加えて，Option 2 を作成したものとなっていることがわかる。それぞれの

図表―10　Strategy 5：$m=2$ のとき

Strategy 5　　$m=2$（option が２つ）のとき
「0」⇨「1」,「1」⇨「0」と規則的に置きかえる！

Optimal pairs for estimating main effects for 5 binary attributes

Set #	Option 1					Option 2				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
2	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
4	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0
5	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0
6	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1
7	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1

⇨　generator は（11111）

属性で，水準は１つずつシフトしている。

次に，選択肢が３つの場合（$m=3$）をみていく。最初に直行法を行ってプロファイルをつくり，あとは規則的に異なる水準が同じ数だけでるように作成する。図表―11は，以上のような方法で作成したものである。ここで，q 番目の属性が，S_q 個の異なる水準の数をもつとすると，Burgess and Street（2005）によって，次の式が成り立つことが示されている。

$$S_q=\begin{cases}(m^2-1)/4 & l_q=2,\ m \text{ odd},\\ m^2/4 & l_q=2,\ m \text{ even},\\ (m^2-(l_q x^2+2xy+y))/2 & 20<l_q<m,\\ m(m-1)/2 & l_q \geq m\end{cases} \quad \cdots\cdots(*)$$

ただし, x, y は正の整数で $m=l_q x+y$　,$0<y<l_q$ を満たす。

図表―11 では，どの属性でも異なる水準の数は，$S_q=(m^2-1)/4=2$ とな

図表―11　Strategy 5：$m=3$, すべての属性で２水準のとき

Strategy 5　　$m=3$（option が３つ）のとき $S_q=2$（２回ずつ異なる）
⇨（00000）（11100）（00011）の generator

Optimal triples for estimating main effects for 5 binary attributes

Set #	Option 1 異なる					Option 2 異なる					Option 3				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
2	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
3	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1
4	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0
5	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0
6	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
7	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
8	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1

同じ

る。

つまり，どの属性でも２回ずつ水準が異なる組み合わせがあることになる。

このようなデザインの一例としては，次のようにものが考えられる。２番目の選択肢では，１番目と２番目と３番目の属性で水準を「1」として，４番目と５番目の属性では水準を「0」とする。３番目の選択肢では，１番目と２番目と３番目の属性で水準を「0」として，４番目と５番目の属性では水準を「1」とする。このようにすると，$S_q=2$ となる。例えば，最初の設問をみると，(00000)，(11100)，(00011) となっており，どの属性でも２回ずつ異なる水準があらわれている。最初の属性では，選択肢１と選択肢２を比べると「0」と「1」となっており水準が異なる。選択肢１と選択肢３を比べると「0」と「0」となっており水準は同じである。選択肢２と選択肢３を比べると「1」と「0」となっており水準が異なる。つまり，２回異なる水準となっていることがわかる。他の属性でも同様である。

以上のことは，generator を使って選択肢を作成することと同じことである。つまり，選択肢２は generator 2＝(11100) を，選択肢３は generator 3＝(00011) を用いて作成した場合と同じであることがわかる。

ここで，属性の数は４つにして，水準や設問の数を変えた場合を考えてみよう。図表―12は，２選択肢，４属性３水準の場合である。このとき（＊）式より，$S_q=m(m-1)/2=1$ となる。２番目の選択肢（option 2）を作成するのに generator(1212) を使用しているのがわかる。

さらに，$m=4$（option が４つ）の場合を考えよう。

$k=4,\ l_q=3,\ m=4$ なので，

（＊）式より，$S_q=(m^2-(l_q x^2+2xy+y) \quad 2<l_q<m$

ただし，x, y は正の整数で $m=l_q x+y \quad ,0<y<l_q$ を満たす。

$$S_q=(m^2-(3x^2+2xy+y))/2$$

図表―12　Strategy 5：$m=2$，すべての属性で3水準のとき

Strategy 5

Optimal pairs for estimating main effects for 4 ternary attributes

Set #	Option 1		異なる		Option 2	異なる		
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
1	0	0	0	0	1	2	1	2
2	0	1	1	2	1	0	2	1
3	0	2	2	1	1	1	0	0
4	1	0	1	1	2	2	2	0
5	1	1	2	0	2	0	0	2
6	1	2	0	2	2	1	1	1
7	2	0	2	2	0	2	0	1
8	2	1	0	1	0	0	1	0
9	2	2	1	0	0	1	2	2

異なる　異なる

（Table 8 の場合）

$k=4$, $l_q=3$, $m=2 \Rightarrow S_q=m(m-1)/2=1$

（例） generator（0000）（1212）

また，$m=3x+y$ より $4=3\times1+1$

よって $x=1$, $y=1$　となる。

ゆえに，$S_q=(16-(3+2+1))/2=5$　となる。.

つまり，どの属性でも5つの異なる水準の組み合わせをもつような generator をつくればよいことになる。

一例として，generator（0000），（1212），（1021），（2101）があげられる。これによって，さらに option 3, option 4 を作れる。つまり，option 3，option 4 を作成しようとすると，option 3 を作成するのに generator（1021），option 4 を作成するのに generator（2101）を使用すればよい。

さらに，各属性の水準がアンバランスなときを考えよう。図表―13は，

option の数は３つ（$m=3$），４属性（$k=4$）であるが，１番目と２番目の属性の水準の数は２で，３番目と４番目の属性の水準の数は４とアンバランスな場合である。($l_1=l_2=2$, $l_3=l_4=4$)

図表―13　Strategy 5：$m=3$, 各属性で水準がアンバランスなとき

Strategy 5

水準がアンバランスなとき $l_1=l_2=2$

$l_3=l_4=4$

同じ

Optimal design for two 2-level attributes and two 4-level attributes

Set #	Option 1				Option 2				Option 3			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	2	2
2	0	1	0	2	1	0	1	3	0	0	2	0
3	1	0	2	0	0	1	3	1	1	1	0	2
4	1	1	2	2	0	0	3	3	1	0	0	0
5	1	1	0	3	0	0	1	0	1	0	2	1
6	1	0	0	1	0	1	1	2	1	1	2	3
7	0	1	2	3	1	0	3	0	0	0	0	1
8	0	0	2	1	1	1	3	2	0	1	0	3
9	1	1	3	0	0	0	0	1	1	0	1	2
10	1	0	3	2	0	1	0	3	1	1	1	0
11	0	1	1	0	1	0	2	1	0	0	3	2
12	0	0	1	2	1	1	2	3	0	1	3	0
13	0	0	3	3	1	1	0	0	0	1	1	1
14	0	1	3	1	1	0	0	2	0	0	1	3
15	1	0	1	3	0	1	2	0	1	1	3	1
16	1	1	1	1	0	0	2	2	1	0	3	3

異なる

異なる

異なる

異なる

異なる

（＊）式より　$m=3$ なので

$l_1=l_2=2$ のとき $S_1=S_2=(m^2-1)/4=2$

$l_3=l_4=4$ のとき $S_3=S_4=m(m-1)/2=3$

となる。

つまり，１番目と２番目の属性では２組の異なる水準が出現し，３番目と４番目の属性では４回の異なる水準が出現する。

このような条件を満たす generator の例としては，（0000）（1111）（0122）を挙げることができる。図表―13は，これらの generator を用いている。

ここで，例えば設問の数が２（$m=2$：option 1 と option 2）の場合を考えよう。他の条件は，図表―13と同じである。つまり，$k=4$, $l_1=l_2=2$, $l_3=l_4=4$　とする。

もし，generator の中に「2」があるとき，元のプロファイルの数字は次のように変換される。

「0」⇨「2」,「1」⇨「3」,「2」⇨「0」,「3」⇨「1」

となる。

この場合，６個の組み合わせ(0 1,0 2,0 3,1 2,1 3,2 3)のうち，(0 2,1 3)の２つの組み合わせしか作らないということになる。もし，他の４つの組み合わせも出現させるためには，つまり「よいデザイン」をつくるためには，他の数値も足すことが必要となる。具体的には，次のような generator を用いて，元のプロファイルを縦にたしあわせる。

generator の一例としては，（1112），（1121），（1133）の３つである。元のプロファイル（16個）を，３つの generator に合わせて３回縦に並べて，全部で48組のプロファイルをつくる（16個×3＝48組）のである。こうしてできたものが，図表―14である。

（Strategy 6）　各属性と交差項の効果の両方を計測

さて，これまでは，各属性の効果するためのよいデザインつくりを紹介したが，各属性だけでなく，交差項（two interactions）の効果も考慮したデザインつくりをここで紹介する。

ここで重要になるのは，各設問でのいくつの異なる属性の組をもつか，と

図表—14　Strategy 5：generator を縦につなぐ

Set #		Option 1 A1	Option 1 A2	Option 1 A3	Option 1 A4	Option 2 A1	Option 2 A2	Option 2 A3	Option 2 A4
1	1	0	0	0	0	1	1	1	2
2	2	0	1	0	2	1	0	1	0
3	3	1	0	2	0	0	1	3	2
4	4	1	1	2	2	0	0	3	0
5	5	1	1	0	3	0	0	1	1
6	6	1	0	0	1	0	1	1	3
7	7	0	1	2	3	1	0	3	1
8	8	0	0	2	1	1	1	3	3
9	9	1	1	3	0	0	0	0	2
10	10	1	0	3	2	0	1	0	0
11	11	0	1	1	0	1	0	2	2
12	12	0	0	1	2	1	1	2	0
13	13	0	0	3	3	1	1	0	1
14	14	0	1	3	1	1	0	0	3
15	15	1	0	1	3	0	1	2	1
16	16	1	1	1	1	0	0	2	3
17	1	0	0	0	0	1	1	2	1
18	2	0	1	0	2	1	0	0	3
19	3	1	0	2	0	0	1	2	1
20	4	1	1	2	2	0	0	0	3
21	5	1	1	0	3	0	0	2	0
22	6	1	0	0	1	0	1	2	2
23	7	0	1	2	3	1	0	0	0
24	8	0	0	2	1	1	1	0	2
25	9	1	1	3	0	0	0	1	1
26	10	1	0	3	2	0	1	1	3
27	11	0	1	1	0	1	0	3	1
28	12	0	0	1	2	1	1	3	3
29	13	0	0	3	3	1	1	1	0
30	14	0	1	3	1	1	0	1	2
31	15	1	0	1	3	0	1	3	0
32	16	1	10	1	1	0	0	3	2
33	1	0	0	0	0	1	1	3	3
34	2	0	1	0	2	1	0	1	1
35	3	1	0	2	0	0	1	3	3
36	4	1	1	2	2	0	0	1	1
37	5	1	1	0	3	0	0	3	2
38	6	1	0	0	1	0	1	3	0
39	7	0	1	2	3	1	0	1	2
40	8	0	0	2	1	1	1	1	0
41	9	1	1	3	0	0	0	2	3
42	10	1	0	3	2	0	1	2	1
43	11	0	1	1	0	1	0	0	3
44	12	0	0	1	2	1	1	0	1
45	13	0	0	3	3	1	1	2	2
46	14	0	1	3	1	1	0	2	0
47	15	1	0	1	3	0	1	0	2
48	16	1	1	1	1	0	0	0	0

generator は
（1112）
（1121）
（1133）
で作った

16個×3＝
48組のプロファイル

いうことである。異なる属性の組の数は Street. et. al（2001）によって，次のように定式化されている。

一般的に，

$l_q=2, m=2$ のとき，各設問で異なる水準の属性の数は

$k=$奇数のとき $(k+1)/2$

$k=$偶数のとき $k/2$ or $k/2+1$

である。

k は属性の数なので，おおよそ半分以上は異なる水準をもつ属性の組み合わせでなければならないことになる。図表―15の場合，$l_q=2, m=2$ で，$k=3$ であるので，$(k+1)/2=2$ となる。つまり，３つの属性のうち２つは異なる水準の組み合わせが必要となる。

図表―15　Strategy 6：各属性と交差項を考慮，generator を縦につなぐ

Strategy 6　　main effect / two factor interactions　　どちらも計測するとき

Optimal pairs design for 3 binary attributes

Set #	Option 1			Option 2		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
1	0	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	1	0
3	1	0	0	1	1	1
4	1	0	1	1	1	0
5	0	0	0	1	0	1
6	0	0	1	1	0	0
7	1	1	1	0	1	0
8	1	1	0	0	1	1
9	0	0	0	1	1	0
10	0	0	1	1	1	1
11	1	0	0	0	1	0
12	1	0	1	0	1	1

異なる

異なる

つまり，１つの属性の水準だけ同じにして，あとは１つずつ規則的に変え

る。

　最初に，１番目の属性は不変にして他の属性は異なる水準の組み合わせにすると，

(0 0 0, 0 1 1)（0 0 1, 0 1 0)（1 1 0, 1 1 1)（1 0 1, 1 1 0)

となる。

　同様に，２番目の属性は不変にして他の属性は異なる水準の組み合わせにすると，

(0 0 0, 1 0 1)（0 0 1, 1 0 0)（1 1 0, 0 1 1)（1 1 1, 0 1 0)

となる。

　繰り返して，３番目の属性は不変にして他の属性は異なる水準の組み合わせにし，

(0 0 0, 1 1 0)（0 0 1, 1 1 1)（1 0 0, 0 1 0)（1 0 1, 0 1 1)

となる。

図表—16　Strategy 6：generator とプロファイルの作り方の説明

$l_q=2,\ m=2$ で，
$k=3 \Rightarrow (k+1)/2=2$
が（設問で）異なる属性の数の場合。

１つの属性の水準だけ同じにする
あとは１つずつ規則的に変える！

属性１だけが不変の場合

(0 0 0 , 0 1 1)（0 0 1 , 0 1 0)（1 1 0 , 1 1 1)（1 0 1 , 1 1 0)

属性２だけが不変の場合

(0 0 0 , 1 0 1)（ 0 0 1 , 1 0 0)（ 1 1 0 , 0 1 1)（ 1 1 1 , 0 1 0)

属性３だけが不変の場合

(0 0 0, 1 1 0)（ 0 0 1, 1 1 1)（ 1 0 0, 0 1 0)（ 1 0 1, 0 1 1)

これらは
generator（0 1 1)（1 0 1)（1 1 0）を用いるのと同じ！

こうして，12個のプロファイルの組を1セットの設問とすればよい。これらは，元の option に generator（0 1 1）（1 0 1）（1 1 0）を用いるのと同じことでもある。

ここで，generator で「0」のある属性については，元のプロファイルとまったく同じ水準になっていることが，図表—17によってわかる。最初の 4 つの設問では 1 番目の属性が option 間でまったく同じになっており，次の 4 つの設問では 2 番目の属性が option 間でまったく同じ。次の 4 つの設問では 3 番目の属性が option 間でまったく同じいうことがみてとれる。つまり，これら同じになっている属性では，それらの属性に対する選好を測ることができないので，同じ水準になる属性は，できるだけ少なくして順番に入れ替える必要がわるわけである。

図表—17　Strategy 6：generator とプロファイルの作り方の説明 2

Strategy 6

main effect
two factor interactions

どちらも計測するとき

Optimal pairs design for 3 binary attributes

Set #	Option 1				Option 2		
	A1	A2		A3	A1	A2	A3
1	0	0		0	0	1	1
2	0	0	同じ	1	0	1	0
3	1	0		0	1	1	1
4	1	0		1	1	1	0
5	0	0		0 同じ	1	0	1
6	0	0		1	1	0	0
7	1	1		1	0	1	0
8	1	1		0	0	1	1
9	0	0		0	1	1	0
10	0	0		1	1	1	1
11	1	0		0	0 同じ	1	0
12	1	0		1	0	1	1

６．考　　察

離散選択実験でプロファイルの提示を行う際，どのようにすれば効率的なデザインを作成することができるのかを見てきた。効率的なデザインの作成のためには，generator が重要となることがわかった。また，選択肢を作成する際，「水準の出現率が等しい」ことと「属性ごとで水準が等しい選択肢の組み合わせが最小になる（minimal overlap property）」条件（Huber J, Zwerina K. (1996)）が重要であることもわかった。本稿が，離散選択実験での効率的なデザインを作成する際に役立てば望外の喜びである。

Appendix: 図表―A　Strategy 4 : 10 属性すべてで直行化をおこなう

Strategy 4 choice sets

Pair	Option 1					Option 2					Pair	Option 1					Option 2				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5		A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
1	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	33	0	1	0	0	2	0	2	2	0	3
2	1	0	3	1	0	3	2	0	2	3	34	1	0	1	2	2	2	2	1	2	1
3	2	2	0	2	0	0	2	1	3	0	35	2	2	2	1	2	1	2	0	3	2
4	3	3	1	0	0	2	2	2	1	2	36	3	3	3	3	2	3	2	3	1	0
5	0	2	1	0	2	1	0	3	1	3	37	0	2	3	3	0	0	0	2	1	1
6	1	3	0	2	2	3	0	0	3	1	38	1	3	2	1	0	2	0	1	3	3
7	2	1	3	1	2	0	0	1	2	2	39	2	1	1	2	0	1	0	0	2	0
8	3	0	2	3	2	2	0	2	0	0	40	3	0	0	0	0	3	0	3	0	2
9	0	3	3	1	3	1	1	3	2	0	41	0	3	1	2	1	0	1	2	2	2
10	1	2	2	3	3	3	1	0	0	2	42	1	2	0	0	1	2	1	1	0	0
11	2	0	1	0	3	0	1	1	1	1	43	2	0	3	3	1	1	1	0	1	3
12	3	1	0	2	3	2	1	2	3	3	44	3	1	2	1	1	3	1	3	3	1
13	0	0	0	2	1	1	3	3	3	2	45	0	0	2	1	3	0	3	2	3	0
14	1	1	1	0	1	3	3	0	1	0	46	1	1	3	3	3	2	3	1	1	2
15	2	3	2	3	1	0	3	1	0	3	47	2	3	0	0	3	1	3	0	0	1
16	3	2	3	1	1	2	3	2	2	1	48	3	2	1	2	3	3	3	3	2	3
17	0	1	3	2	1	3	2	1	0	2	49	0	1	1	1	3	2	2	0	0	0
18	1	0	2	0	1	1	2	2	2	0	50	1	0	0	3	3	0	2	3	2	2
19	2	2	1	3	1	2	2	3	3	3	51	2	2	3	0	3	3	2	2	3	1
20	3	3	0	1	1	0	2	0	1	1	52	3	3	2	2	3	1	2	1	1	3
21	0	2	0	1	3	3	0	1	1	0	53	0	2	2	2	1	2	0	0	1	2
22	1	3	1	3	3	1	0	2	3	2	54	1	3	3	0	1	0	0	3	3	0
23	2	1	2	0	3	2	0	3	2	1	55	2	1	0	3	1	3	0	2	2	3
24	3	0	3	2	3	0	0	0	0	3	56	3	0	1	1	1	1	0	1	0	1
25	0	3	2	0	2	3	1	1	2	3	57	0	3	0	3	0	2	1	0	2	1
26	1	2	3	2	2	1	1	2	0	1	58	1	2	1	1	0	0	1	3	0	3
27	2	1	0	1	2	2	1	3	1	2	59	2	0	2	2	0	3	1	2	1	0
28	3	0	1	3	2	0	1	0	3	0	60	3	1	3	0	0	1	1	1	3	2
29	0	0	1	3	0	3	3	1	3	1	61	0	0	3	0	2	2	3	0	3	3
30	1	1	0	1	0	1	3	2	1	3	62	1	1	2	2	2	0	3	3	1	1
31	2	3	3	2	0	2	3	3	0	0	63	2	3	1	1	2	3	3	2	0	2
32	3	2	2	0	0	0	3	0	2	2	64	3	2	0	3	2	1	3	1	2	0

謝辞）図表の作成については，甲南大学経済学部学生の津崎章裕君に作業を手伝っていただいた。ここに記して感謝の意を示したい。

参　考　文　献

Burgess, Leonie, and Deborah J. Street. “Optimal designs for choice experiments with asymmetric attributes.” Journal of Statistical Planning and Inference 134.1 (2005) : 288-301.

Eggers, Felix. “A Tutorial for Efficient Choice Set Designs.” Research Papers on Marketing and Retailing-University of Hamburg 37 (2007) : 1-8.

Huber J, Zwerina K.1996. The Importance of Utility Balance in Efficient Choice Designs. Journal of marketing research., 33: 307.

Street, Deborah J., David S. Bunch, and Beverley J. Moore. “Optimal designs for 2 k paired comparison experiments.” Communications in Statistics-Theory and Methods 30.10 (2001) : 2149-2171.

Street DJ, Burgess L, Louviere JJ. 2005. Quick and easy choice sets: Constructing optimal and nearly optimal stated choice experiments. International Journal of Research in Marketing. 22(4) : 459-70.

Street DJ, Burgess L. 2004. Optimal and near-optimal pairs for the estimation of effects in 2-level choice experiments. Journal of Statistical Planning and Inference. 118(1-2) : 185-99.

Viney R, Lanscar E, Louviere J. Discrete choice experiments to measure preference for health and heatlh care: expert review. Expert Rev Pharmaco Outcomes Res 2002; 2: 319-26.